

---

UDK 81'23:165.7  
811.163.42:165.7  
159.946.3:81'23  
Izvorni znanstveni rad

---

## EVOCIRANI POTENCIJALI I SINTAKTIČKA I SEMANTIČKA OBRADA

**Gordana Dobravac i Marijan Palmović**  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, Zagreb  
Hrvatska

### SAŽETAK

*U dva se eksperimenta metodom evociranih potencijala pokušala pronaći razlika između semantičke i sintaktičke obrade u odraslih, zdravih govornika hrvatskoga. Budući da se radi o prvim jezičnim eksperimentima metodom evociranih potencijala, nastojalo se replicirati slične eksperimente provedene u drugim jezicima.*

*Potencijali vezani za semantičku, odnosno sintaktičku obradu dobiveni su manipuliranjem semantičkog, odnosno sintaktičkog uklapanja ciljnih riječi u rečenični kontekst. Dobiveni rezultati slični su rezultatima sličnih istraživanja: uočava se komponenta N400 u semantički neispravnim rečenicama (npr. "Pas je polako oglodao pitanje."), dok se za sintaktičku obradu ističu dvije komponente, lijeva prednja negativnost (LAN – left anterior negativity) i P600, tj. "kasni pozitivni pomak". Te su komponente elicitirane neslaganjem u rodu zadnje riječi u rečenici, npr. "Medicinska sestra je ljubazan."*

**Ključne riječi:** *evocirani potencijali (neurolingvistika), neuralni procesi, kognitivni procesi, sintaktička analiza, semantička analiza*

---

## UVOD

Iako se jezik smatra temeljnom ljudskom sposobnošću, još smo daleko od potpunog razumijevanja kognitivnih i neuralnih procesa koji sudjeluju u jezičnom razumijevanju i jezičnoj proizvodnji. Jedan je od glavnih razloga tomu manjak odgovarajuće metodologije (Osterhout & Holcomb, 1995). Metodološki se izazov sastoji u činjenici da se jezični procesi odvijaju vrlo brzo, da nisu istovremeni, da su složeni od različitih razina obrade (semantička, sintaktička, fonološka, itd.) i da nisu svjesni. Valjane metode istraživanja jezične obrade trebale bi uzeti u obzir navedene čimbenike. Na primjer, mjerenje vremena reakcije dobra je mjera relativne složenosti jedne vrste jezičnog zadatka s obzirom na drugu vrstu zadataka (npr. razumijevanje rečenice s kanoničkim i nekanoničkim redom riječi), ali ne daje izravan uvid u moždanu aktivnost što je, uz potrebu za svjesnom reakcijom ispitanika, glavni nedostatak te metode u ispitivanju jezične obrade.

Suvremene metode funkcionalnog oslikavanja mozga rješavaju taj nedostatak pružajući izravne podatke o moždanim funkcijama u trenutku jezične obrade. I dok funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI) mjeri "lijeni" hemodinamički odgovor na dani podražaj, elektrofiziološke metode (EEG i MEG) izravno mjere živčanu aktivnost ispod elektrode, odnosno mjernog senzora. Nadalje, fMRI omogućuje precizno lociranje moždane aktivnosti vezane za jezičnu obradu (npr. u Brocino područje), dok EEG, tj. metoda evociranih potencijala daje vremensku dimenziju kognitivnih procesa vezanih za jezičnu obradu, tj. kad se što događa u mozgu (ali ne i gdje).

Ovaj rad prikazuje rezultate dvaju jezičnih eksperimenata u kojima se upotrijebila metoda evociranih potencijala. U tim su se eksperimentima istraživale dvije razine jezične obrade: sintaktička i semantička.

### Metoda mjerenja evociranih potencijala

Metoda mjerenja evociranih potencijala, tj. potencijala vezanih za događaj (eng. *event-related potentials*), sastoji se od izdvajanja neurofiziološkog odgovora koji je vezan za podražaj koji se daje ispitaniku. Taj odgovor dio je izmjenjenog signala EEG-a, ali ga nije moguće izmjeriti izravno. Naime, EEG kontinuirano mjeri spontanu moždanu aktivnost amplituda, koja je između 50 i 100  $\mu\text{V}$ , dok je signal moždane aktivnosti vezane za podražaj mnogo manji (5 – 10  $\mu\text{V}$ ) i zapravo je na razini šuma na kontinuiranoj snimci EEG-a, tj. ne vidi se na snimci EEG-a. Da bi se izdvojio taj signal, potrebno je podražaj, tj. skup istovrsnih podražaja više puta ponavljati ispitaniku. Ponavljanje podražaja omogućuje kasnije uprosječivanje signala (eng. *averaging*). Poznavajući točan početak podražaja uprosječivanjem se izdvaja signal moždane aktivnosti vezan za podražaj (jer je uvijek isti s obzirom na početak) od spontane moždane aktivnosti koja nije vremenski vezana za početak podražaja, pa se razlike u amplitudama poništavaju. Što se više podražaja prikaže ispitaniku, uprosječivanje će biti bolje. Smatra se da je za uspješno uprosječivanje potrebno barem 30 do 40 istovrsnih podražaja, iako je obično taj broj u jezičnim istraživanjima mnogo veći (između 50 i 150). Dakle, uprosječivanjem će se dobiti krivulja koja će predstavljati moždanu aktivnost koja je odgovor na neku klasu podražaja.

Da bi se pomoću ove metode istraživale kognitivne funkcije, potrebno je da u eksperimentalnoj paradigmi postoje barem dvije klase podražaja, tj. potrebno je da eksperiment sadržava najmanje dva uvjeta koja se razlikuju samo u osobini koja se mjeri, npr. istražujemo li slušnu percepciju i želimo li doznati razlikuje li ispitanik visinu tonova, podražaji će biti npr. dva tona istog trajanja, ali različite visine. Na taj način razlika će u evociranim potencijalima biti razlika koja je vezana upravo za funkciju koja se istražuje. Tu je metodu supstrakcije osmislio još nizozemski optičar F. C. Donders (Donders, 1868).

Elektrofiziološki odgovor, kakav se izmjeri metodom evociranih potencijala, sadržava dva osnovna podatka: podatak o polaritetu i o latenciji. Ta dva podatka obično čine naziv elektrofiziološkog odgovora koji je karakterističan za neku mjerenu kognitivnu funkciju. Na primjer, P300 znači pozitivan otklon s najvećom amplitudom na oko 300 ms. Katkad se uz takav naziv stavlja i naziv koji upućuje na funkciju kojoj se pridružuje; npr. MMN (*mismatch negativity*), negativnost neslaganja, efekt je koji se može izmjeriti uvijek kada ispitanik otkrije razliku ili neslaganje zvučnih s većinskim podražajima (slično kao kod P300, samo negativnog predznaka).

Iako je općeprihvaćeno da evocirani potencijali odražavaju moždanu aktivnost, odnos između moždane aktivnosti i električnog potencijala na skalpu nije sasvim jednoznačan. Svaki izmjereni vršak električnog potencijala nema jednaku "težinu" za istraživanje kognitivnih procesa. Budući da EEG mjeri volumnu struju, doprinos izmjerenoj struji na pojedinoj elektrodi mogu dati vremenski odvojene aktivnosti u udaljenim dijelovima mozga koje, slučajno, u nekom trenutku daju najveći zbroj. Drugim riječima, budući da se pozitivni ili negativni otklon, koji se povezuje sa zadanim podražajem, naziva komponentom, pitanje je kada ćemo neki izmjereni otklon moći nazvati komponentom.

Danas postoje dva odgovora na taj problem: fiziološki i psihološki ili funkcionalni. Prema fiziološkom pristupu (Naatanen & Picton, 1987) neki izmjereni otklon (što je teorijski neutralan pojam) možemo nazvati komponentom ako osobine valnog oblika možemo povezati s aktivnošću određene populacije neurona. Prema tom shvaćanju ono što određuje komponentu anatomski je izvor u mozgu. Prema psihološkom ili funkcionalnom pristupu, komponentu određuje osjetljivost na manipulaciju podražaja bez obzira na jedinstvenost neuralne podloge. Pri tome se pretpostavlja da se obrada odvija paralelno te da neki specifični oblik krivulje predstavlja zbroj većeg broja izvora. Prema definiciji, koju danas prihvaća većina istraživača, komponentu određuje polaritet, distribucija na skalpu i karakteristična latencija te osjetljivost na karakterističnu eksperimentalnu manipulaciju (Donchin i sur., 1978). Ako nešto od toga nedostaje, obično se upotrebljava slabiji pojam efekta ili teorijski neutralan pojam otklona.

### **Mikrovolti jezične obrade – sintaksa**

Tri su komponente izdvojene u eksperimentima u kojima se istraživao ovaj ili onaj vid jezične obrade. Dvije se vežu za sintaktičku obradu, dok je treća karakteristična za leksičko-semantičku razinu. Prva komponenta vezana za sintaktičku obradu jest lijeva prednja negativnost (eng. *left anterior negativity, LAN*). Radi se o

negativno polariziranom valu latencije od 300 do 500 ms. Amplituda mu je najjača na lijevim frontalnim elektrodama (F3), a elicitira se podražajima u kojima je narušena rečenična ili frazna struktura, npr. *Volim plivam* ili *mali kuća*. Najčešće je tumačenje ove komponente prvi prolazak *parsera*, tj. ispitanikovo integriranje značenja rečenice "on-line".

Druga komponenta vezana za sintaktičku obradu jest kasni pozitivni otklon s najvećom amplitudom na 600 ms od podražaja. Raspodjela mu je parijetalna, a povezuje se s ispitanikovom ponovnom obradom rečenice nakon što je u njoj otkrio pogrešku, tj. s drugim prolaskom *parsera* (Coulson i sur., 1998; Hagoort i sur., 1993). Ta se komponenta naziva P600 ili sintaktički pozitivni pomak (*syntactic positive shift*, SPS). Budući da se P600 može elicitirati i pomoću podražaja u kojima nema sintaktičkih pogrešaka, P600 se tumači i dodatnim "troškovima" obrade kod sintaktički složenijih struktura (Hagoort i sur., 1999).

LAN i P600/SPS nisu jedine komponente koje se vežu za sintaktičku obradu. Uz spomenute komponente, različitim vrstama manipulacije funkcijskih riječi izdvojena je komponenta N280 (Neville i sur., 1992). Neki istraživači razdvajaju LAN i ELAN (eng. *early left anterior negativity*), (Friederici i sur., 1998), ranu komponentu sintaktičke obrade vezanu za govornikovu obradu vrste riječi, ali je izdvajanje te komponente doživjelo ozbiljnu kritiku i još predstavlja prijepornu točku u raspravama (Hagoort, 2003).

### Mikrovolti jezične obrade – semantika

Komponenta koja se veže za semantičku obradu negativan je val s najvećom amplitudom iznad parijetalnog režnja, a s latencijom 250 – 500 ms. Najveću amplitudu ima oko 400 ms, pa se naziva N400. Može se elicitirati velikim brojem paradigmi. Najčešće se radi o rečenicama koje sadržavaju neko semantičko neslaganje, npr. zadnje riječi u rečenici s ostatkom rečenice (Kutas, 1997; Kutas & Kluender, 1994; Hagoort & Brown, 1994). Što se riječ manje uklapa u rečenični kontekst, amplituda je N400 veća i obrnuto. Isto tako, riječi veće čestote elicitiraju manji elektrofiziološki odgovor. U eksperimentima s pojedinačnim riječima N400 elicitira se u paradigmama s raznim vrstama *priminga* (istovrsni *prime* – manji N400, raznovrsni *prime* – veći N400, ortografski sličan *prime* – manji N400, ortografski različit *prime* – veći N400 i sl.). Zbog toga se N400 veže za prizivanje ili pretraživanje riječi u mentalnom leksikonu.

Komponenta N400 osjetljiva je i na stupanj uklapanja riječi u rečenični kontekst pa ako se ispitaniku da više kategorija podražaja i usrednji svaka posebno, dobit će se više različitih krivulja koje predstavljaju N400 različitih amplituda (usp. Gazzaniga i sur., 2002). Budući da se N400 može elicitirati i u eksperimentalnim paradigmama u kojima nema jezičnih podražaja, postavlja se pitanje je li N400 specifično jezična komponenta ili nije. To se pitanje, uostalom, postavlja za svaku od spomenutih komponenti, a odgovor ovisi o tome sa stajališta koje se lingvističke teorije jezik promatra. U svakom slučaju, spomenute komponente mogu se elicitirati jezičnim podražajima i slika su moždane aktivnosti vezane za jezičnu obradu.

## ISTRAŽIVANJE

Cilj je ovoga rada pokazati različite neuralne korelate sintaktičke i semantičke obrade u hrvatskome i tako na primjerima iz hrvatskoga jezika ponoviti rezultate sličnih istraživanja u drugim jezicima. Zbog toga je bilo potrebno provesti dva različita eksperimenta, jedan u kojem su rečenice – podražaji mogle elicitirati komponente koje se vežu za sintaktičku obradu, i drugi koji je sadržavao podražaje sa semantičkom pogreškom.

Oba su eksperimenta provedena u Laboratoriju za evocirane potencijale Neurološke klinike KBC Rebro u Zagrebu, a njihovi su rezultati posebno predstavljeni na II. neurofiziološkom kongresu 2004. u Dubrovniku (Dobravac i sur., 2004, Palmović i sur., 2004). Budući da se radilo o prvim eksperimentima u nas u kojima su metodom evociranih potencijala mjereni elektrofiziološki odgovori na jezične podražaje, cilj je obaju eksperimenata bilo elicitiranje poznatih komponenti koje se u literaturi vežu za sintaktičku, odnosno semantičku obradu govornika. Zbog toga je pitanje, na koje se tražio odgovor, bilo sasvim jednostavno: razlikuje li se kod govornika sintaktička obrada od semantičke obrade rečenice?

Da bi se odgovorilo na to pitanje, potrebno je izdvojiti barem jednu komponentu karakterističnu za sintaksu i barem jednu komponentu karakterističnu za semantiku, i to tako da manipulacija podražajem u prvom i drugom slučaju (tj. za sintaksu i semantiku) izaziva promjenu samo u odgovarajućoj komponenti, a ne u nekoj drugoj. Radi se zapravo o klasičnoj dvostrukoj disocijaciji, toliko upotrebljavanoj u neuropsihološkim eksperimentima. Budući da se radi o početnim istraživanjima, upotrijebljena je najjednostavnija paradigma: kratke rečenice sa zadnjom riječi kao ciljanom riječi.

U prvome eksperimentu manipulirala se rečenična sintaksa: ispitanici su čuli 100 rečenica od kojih je njih 70 bilo kontrolnih (npr. *Cesta je bila suha*, dok je njih 30 sadržavalo nesročnost u rodu, npr. *\*Medicinska sestra je ljubazan*. Riječ *ljubazan* ovdje je bila ciljana riječ, tj. prema toj se riječi usrednjavao elektrofiziološki odgovor. Radi što boljeg ujednačavanja podražaja, oni su sadržavali samo jednu vrstu nesročnosti, nesročnost u rodu, tj. neslaganje u rodu subjekta i imenskog predikata u rečenici.

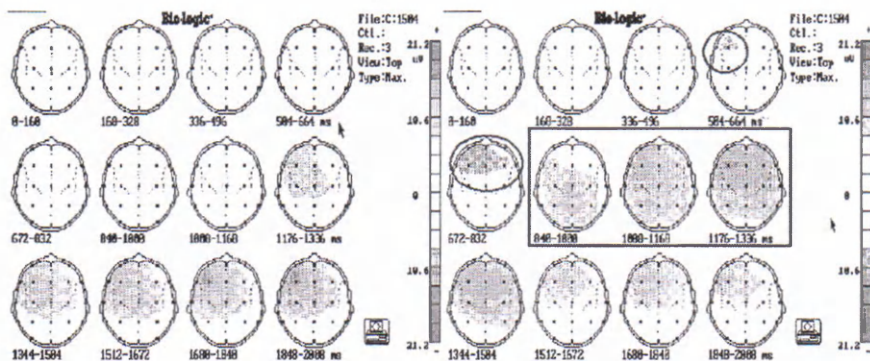
U drugome eksperimentu manipuliralo se značenjem: ciljana se riječ uklapala ili se nije uklapala u rečenični kontekst. U prvoj bi skupini rečenica ispitanici čuli rečenice kao što je npr. *Kuhar je skuhao dobru juhu*, dok bi u drugoj skupini bile rečenice kao što je *\*Pas je oglodao pitanje*. Semantičko neslaganje sastojalo se od izbora neočekivane riječi i nije ovisilo o govornikovu znanju o svijetu. Ponovno, ukupno je bilo 100 rečenica od kojih je 50 bilo kontrolnih, dok je ostatak sadržavao zadnju riječ koja se nije uklapala u rečenični kontekst. I u prvome i u drugome eksperimentu rečenice su bile pomiješane. Njihov je redoslijed bio zadan pomoću generatora slučajnih brojeva. Sve ciljane riječi izjednačene su po učestalosti prema Hrvatskom čestotnom rječniku (Moguš i sur., 1999) i bile su približno jednakog trajanja.

Budući da se tražila razlika u eksperimentalnim uvjetima, a ne u skupinama ispitanika (tzv. *within design*), za eksperiment je bila potrebna što homogenija skupina. U oba je eksperimenta bilo po 10 ispitanica, sve su bile između 24 i 35 godina, dešnjakinje, uredna sluha, izvorne govornice hrvatskoga. Sve ispitanice žive u gradu i po socio-ekonomskom statusu pripadaju srednjem sloju.

U oba eksperimenta upotrijebljeno je standardno monopolarno postavljanje elektroda, a elektrofiziološki se odgovor mjerio na 20 elektroda. Signal se obrađivao pomoću sustava *Brain Atlas* na računalu PC 386. Dobiveni evocirani potencijali, tj. potencijali vezani za događaj (*event-related potentials*) u oba su eksperimenta usrednjeni prema zadnjoj riječi u rečenici pri čemu se promatrao prozor od 100 ms do 2 s nakon podražaja. Podražaji su bili slušni, a početak podražaja, tj. 'okidač' (eng. *trigger*) određen je prema mjestu najveće energije u riječi.

## REZULTATI

U eksperimentu, koji je sadržavao sintaktički ispravne rečenice i rečenice sa sintaktičkom pogreškom, dobivene su dvije komponente koje se vežu za sintaktičku obradu, LAN i P600. Slika 1 prikazuje usrednjene vrijednosti za oba uvjeta, lijevo za sintaktički ispravne rečenice i desno, za rečenice sa sintaktičkom pogreškom. Rečenice, koje su sadržavale pogrešku u sintaksi, bile su, kao što je spomenuto, sve u kojima se zadnja riječ, pridjev i dio imenskoga predikata nije slagala sa subjektom u rodu, npr. \**Kuća je veliko*.

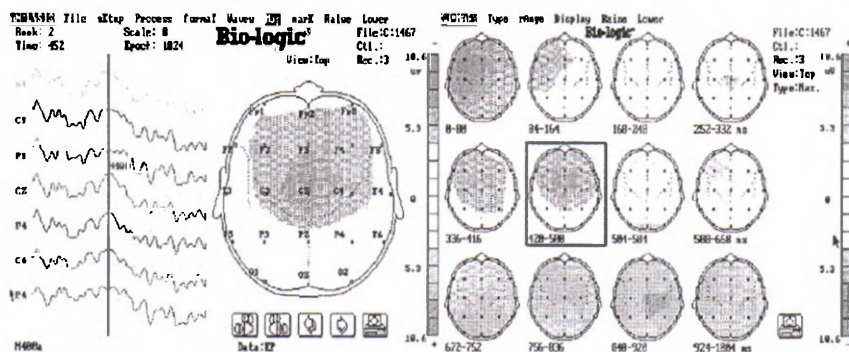


**Slika 1.** LAN (na slici desno, zaokruženo) i P600 (na slici desno, u pravokutniku) dobiveni na rečenicama sa sintaktičkom pogreškom. Lijevo: elektrofiziološki odgovor dobiven na kontrolnim rečenicama.

**Figure 1.** LAN response (on the right-hand side, marked with a circle) and P600 response (on the right-hand side, marked with a square) to syntactically erroneous sentences. On the left-hand side: electrophysiological response to control sentences.

Na prvi se pogled vidi razlika u elektrofiziološkom odgovoru na kontrolne rečenice i na rečenice sa sintaktičkom pogreškom. Budući da je jedina razlika slaganje zadnje riječi u rečenici u rodu (imenski predikat), dobivena se razlika može tumačiti dodatnim naporom koji je potreban da bi se obradila rečenica, tj. naporom koji je potreban da bi se zadnja riječ u rečenici složila s onime što je do tog trenutka bilo obrađeno.

U drugome eksperimentu nastojala se dobiti komponenta vezana za semantičku obradu, N400. Kao što je spomenuto, podražaji kojima se ta komponenta pokušala elicitirati, rečenice su u kojima se jedna riječ ne uklapa u rečenični kontekst. I u ovome slučaju to je bila zadnja riječ u rečenici, na primjer, *\*Kuhar je skuhaio juhu od mobitela*. Slika 2 prikazuje usrednjenu krivulju na kojoj se uočava komponenta N400 i njezina distribucija na skalpu.



**Slika 2.** N400 i njezina distribucija na skalpu (na slici desno, u pravokutniku)

**Figure 2.** N400 and its distribution on the scalp (on the right-hand side, marked with a square).

Za razliku od slike 1, na kojoj je prikazana usrednjena razlika u dvama eksperimentalnim uvjetima, slika 2 prikazuje samo usrednjene vrijednosti za rečenice sa semantičkom pogreškom. Kontrolne rečenice daju samo malu amplitudu N400 i nema ih potrebe posebno prikazivati. Umjesto toga, na slici 2 lijevo vidi se usrednjena krivulja dobivena na ciljnim rečenicama na sedam odabranih elektroda (lijevo: F3, C3 i P3, desno: F4, C4 i P4 te elektroda Cz). Lako se uočava i karakteristična središnja distribucija N400 (za razliku od npr. LAN-a, koji ima otprilike istu latenciju, ali mu je distribucija frontalna i izraženija na lijevoj strani). Dok se nešto kasniji vrh (472 ms) može pripisati slušnim podražajima (nejednaka duljina riječi), dvogrbi izgled krivulje najvjerojatnije je posljedica premalog broja podražaja i nestao bi usrednjavanjem na još većem broju rečenica.

## ZAKLJUČAK

U opisanim su eksperimentima dobivene komponente karakteristične za sintaktičku i semantičku obradu rečenica, LAN i P600, odnosno N400. Dakle, ponovljeni su rezultati dobiveni na sličnim istraživanjima u drugim jezicima, npr. Kutas, 1994., Hagoort i sur., 1993.

Drugim riječima manipulacijom rečeničnom sintaksom, odnosno semantikom dobivene su različite promjene na izmjerenim evociranim potencijalima na skalpu. Takvi rezultati temelj su za gradnju modela jezične obrade koji nema samo psihološku realnost, nego i elektrofiziološku realnost. Što nam elektrofiziološki podaci govore o redoslijedu kojim govornik obrađuje jezični sadržaj? Što se na temelju tih podataka može zaključiti o procesima koji sudjeluju u govornikovu razumijevanju rečenice? Drugim riječima, kako mikrovolti sintakse i semantike postaju mikrosekunde jezične obrade?

Budući da LAN i N400 imaju gotovo istu latenciju, nije lako odgovoriti na pitanje kako uistinu radi *parser*: uklapa li riječi u rečeničnu strukturu ili obrnuto, gradi li rečeničnu strukturu na temelju značenja riječi. Uspije li se ELAN replicirati u većem broju eksperimenata, bit će to potvrda tvrdnje "Prvo sintaksa!". S druge strane, barem dvije od triju ovdje spomenutih komponenti mogu se dobiti i nejezičnim podražajima: N400 se može elicitirati bilo kakvim neočekivanim značenjem, npr. slikom ili čak video klipom koji sadržava nešto što se ne uklapa u kontekst. P600 se, na primjer, može dobiti melodijom koja sadržava neki neočekivan ili pogrešan ton. Takvim se istraživanjima osnažuju modeli jezične obrade u kojima se ne postulira modularnost jezične organizacije, nego se jezična obrada nastoji objasniti sudjelovanjem procesa vezanih za druge kognitivne sposobnosti, u prvom redu za pamćenje i pozornost. Dva eksperimenta s jezičnim podražajima sasvim sigurno nisu dovoljna da se dotaknu sva pitanja o jezičnoj obradi ili modelima jezične obrade, ali su zacijelo početni koraci u tome dijelu neurolingvistike u nas.

## REFERENCIJE

- Coulson, S., King, J. W., Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes* 13, 21-58.
- Dobravac, G., Išgum, V., Jazbec, I. P. (2004). *II. hrvatski neurofiziološki kongres: sažeci* (ur. S. Hajnšek, V. Išgum, Z. Mitrović), 28-28.
- Donchin, E., Ritter, W., McCallum, C. (1978). Cognitive psychophysiology: the endogenous components of the ERP. U E. Callaway, P. Tueting, S. H. Koslow (ur.), *Brain Event-Related Potentials*, 349-411. New York: Academic Press.
- Donders, F. C. (1868). Twee werktuigen tot bepaling van den tijd, voor psychische processen benooidigd (Dva instrumenta za određivanje



- vremena potrebnog za mentalne procese). *Onderzoekigen gedaan in het Physiologisch Laboratorium* 2, 21-25.
- Friederici A. D., Hahne A., von Cramon D. Y.** (1998). First-Pass versus Second-Pass Parsing Processes in a Wernicke's and a Broca's Aphasic: Electrophysiological Evidence for a Double Dissociation. *Brain and Language* 62, 3, 311-341.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., Mangun, G. R.** (2002). *Cognitive Neuroscience: The Biology of Mind* (2<sup>nd</sup> edition). New York: W. W. Norton & Company.
- Hagoort, P., Brown, C., Groothusen, J.** (1993). The syntactic positive shift as an ERP-measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes* 8, 439-483.
- Hagoort, P., Brown, C. M.** (1994). Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. U C. Clifton Jr., L. Fraizer, K. Rayner (ur.), *Perspectives on sentence processing*, 45-80. New York: Erlbaum.
- Hagoort, P., Brown, C. M., Osterhout, L.** (1999). The neurocognition of syntactic processing. U C. M. Brown & P. Hagoort (ur.). *The Neurocognition of Language*. Oxford: Oxford University Press.
- Hagoort, P.** (2003). How the brain solves the binding problem for language: a neurocomputational model of syntactic processing. *Neuroimage* 20, 18-29.
- Kutas, M.** (1997). Views on how the electrical activity that the brain generates reflects the functions of different language structures. *Psychophysiology* 34, 383-398.
- Kutas, M., Kluender, R.** (1994). What is Who Violating? A Reconsideration of Linguistic Violations in Light of Event-Related Brain Potentials. U H.-J. Heinze, T. F. Münte, G. R. Mangun (ur.), *Cognitive Electrophysiology*. Berlin: Birkhäuser.
- Moguš, M., Bratanić, M., Tadić, M.** (1999). *Hrvatski čestotni rječnik*. Zagreb: Školska knjiga.
- Näätänen, R., Picton, T. W.** (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology* 24, 375-425.
- Neville, H. J., Mills, D. L., Lawson, D. S.** (1992). Fractionating language: Different neural subsystems with different sensitive periods. *Cerebral Cortex* 2, 244-258.
- Osterhout, L., Holcomb, P. J.** (1995). Event-related potentials and language comprehension. U: M. D. Rugg & M. G. H. Coles (ur.) *Electrophysiology of Mind: Event-Related Brain Potentials and Cognition*, 171-215. Oxford: Oxford University Press.
- Palmović, M., Horvat, R., Munivrana, B., Išgum, V.** (2004). Evocirani potencijali i semantičko oskrnjivanje. *II. hrvatski neurofiziološki kongres: sažeci*. (ur. S. Hajnšček, V. Išgum, Z. Mitrović), 76-76.

**Gordana Dobravac and Marijan Palmović**  
Faculty of Education and Rehabilitation, Zagreb  
Croatia

## **EVOKED POTENTIALS AND SYNTACTIC AND SEMANTIC PROCESSING**

### *SUMMARY*

*In two experiments a difference between semantic and syntactic processing in healthy adult Croatian speakers was sought using the method of event-related potentials. Since these were the first ERP experiments using language stimuli in Croatian, the intention was to replicate similar experiments in other languages (e.g. Dutch, German, English, French, Chinese) and to obtain comparable results. To meet this goal the simplest experimental paradigm was used. The relevant potentials were obtained by manipulating semantic and syntactic congruence of the target word into the sentence context. The target word (i.e. congruent or incongruent) was always the last word in the sentence. The stimulus sentences were presented auditorily to the participants (20 right handed Croatian speaking females with typical hearing, age 24-35).*

*The results were similar to the results in similar experiments in other languages. The N400 component was observed in sentences with semantic violations, e.g. "The dog gnawed a question." while two components were observed that were relevant for syntactic processing: left anterior negativity (LAN) with the latency of 250 - 700 ms and P600, also known as "late positive shift" or "syntactic positive shift" - SPS with the latency of 600 - 1000 ms. These components were elicited with stimulus sentences in which the last word was incongruent in gender, e.g. "The nurse-f was nice-m." The study was intended to be a pilot study for future work in this area.*

**Key words:** *evoked potentials (neurolinguistics), neural processes, cognitive processes, syntactic analysis, semantic analysis*

---